

特開平7-187890

(43) 公開日 平成7年(1995)7月25日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

C30B 29/06

Z 8216-4G

H01L 21/268

Z

21/324

Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全4頁)

(21) 出願番号 特願平5-347875

(22) 出願日 平成5年(1993)12月22日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 植田 健司

神奈川県相模原市淵野辺5丁目10番1号

新日本製鐵株式会社エレクトロニクス研究  
所内

(72) 発明者 松本 貴裕

神奈川県相模原市淵野辺5丁目10番1号

新日本製鐵株式会社エレクトロニクス研究  
所内

(74) 代理人 弁理士 半田 昌男

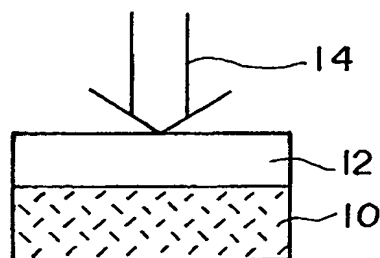
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザーアニーリング方法

(57) 【要約】

【目的】 基板上に堆積された半導体材料のみを加熱できるとともに、熔融後固化するまでの時間を延長できるレーザーアニーリング方法を提供する。

【構成】 第一のレーザー光14を照射して非晶質シリコン膜12の一部16を熔融させた直後に、第一のレーザー光よりも波長が長く、かつ、ビーム径が大きい第二のレーザー光18を、この熔融部分16に照射する。これにより、熔融部分16の周囲だけが局部的に加熱される。この加熱により、熔融部分が固化するまでに要する時間は延長され、したがって結晶化するときの粒径が大きくなり、これにより移動度を高めることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に堆積された材料にレーザー光を照射するレーザーアニーリング方法において、第一のレーザー光を照射して前記材料の一部を熔融させたあとこの熔融した部分が固化する前に、前記第一のレーザー光よりも波長が長く、前記第一のレーザー光よりもビーム径が大きく、かつ前記材料を熔融させない範囲のエネルギーを有する第二のレーザー光を、前記熔融した部分に照射することを特徴とするレーザーアニーリング方法。

【請求項2】 前記第二のレーザー光を複数回繰り返し照射することを特徴とする請求項1記載のレーザーアニーリング方法。

【請求項3】 基板上に堆積された前記材料は非晶質シリコンであることを特徴とする請求項1又は2記載のレーザーアニーリング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体材料などにレーザー光を照射して表面の配位構造を改変するレーザーアニーリング方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】シリコン結晶中に特定の伝導型を持たせるための不純物原子を注入する場合、イオン注入法などでイオンを打ち込んだ後に、結晶欠陥部分の結晶性を回復するためにレーザーアニーリングが行われる。また、高速動作のシリコン半導体素子を得るために、ガラス基板上に堆積された非晶質シリコン膜にレーザーを照射してアニーリングすることにより多結晶化し、キャリアの移動度を高めることが行われている。

【0003】かかるレーザーアニーリング方法の一例が、信学技報SDM-112(1992-12)に掲載されている。この方法では、レーザー光を非晶質シリコン材料の表面に照射する他に、基板をヒータで加熱することにより、レーザー光の照射で熔融したシリコンをゆっくりと固化させる。これにより、多結晶化する際の各シリコン結晶の粒径が大きくなり、膜質が向上するとしている。また、別のレーザーアニーリング方法が特開平3-266424号公報において開示されている。この方法は、基板の上側から短波長のレーザー光を照射し、その後、基板の下側からハロゲンランプ等の長波長の輻射光を照射することにより、半導体基板の初期の温度上昇を均一にできるとしている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記信学技報SDM-112(1992-12)に掲載されているアニーリング方法は、基板全体をヒータで、例えば400°C程度に加熱するので、アニーリングを行ったあと基板全体が冷却するまでに、例えば2〜3時間程度の時間を要する。このためアニーリングが終了してから次の工程に移行す

るまでの時間が無駄となり、したがって、かかる方法を実際の半導体製造工程で用いると生産効率が低下するという問題があった。

【0005】一方、前記特開平3-266424号公報記載の発明では、アニーリングに使用するレーザー光はあくまでもキャリアを励起させるためのものであり、アニーリングそのものは主としてハロゲンランプの照射によって行われる。この場合、パルス発光されるレーザー光に比べ、ハロゲンランプからの光は長時間照射される。このため、アニールする材料だけでなく基板全体が高温に加熱される。したがって、基板材料としては高い融点を有するものを使用せざるを得ず、このことがコストの上昇を招く。

【0006】本発明は上記事情に基づいてなされたものであり、基板全体の加熱を必要とせず、したがって高融点の基板材料を用いる必要がなく、また、アニーリングした後、直ちに次の工程に移行できるレーザーアニーリング方法を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1記載の発明は、基板上に堆積された材料にレーザー光を照射するレーザーアニーリング方法において、第一のレーザー光を照射して前記材料の一部を熔融させたあとこの熔融した部分が固化する前に、前記第一のレーザー光よりも波長が長く、前記第一のレーザー光よりもビーム径が大きく、かつ前記材料を熔融させない範囲のエネルギーを有する第二のレーザー光を、前記熔融した部分に照射することを特徴とするものである。

【0008】請求項2記載の発明であるレーザーアニーリング方法は、請求項1又は2記載の発明において、前記第二のレーザー光を複数回繰り返し照射することを特徴とするものである。

【0009】請求項3記載の発明であるレーザーアニーリング方法は、請求項1又は2記載の発明において、基板上に堆積された前記材料は非晶質シリコンであることを特徴とするものである。

## 【0010】

【作用】請求項1記載の発明は前記の構成により、第二のレーザー光は第一のレーザー光よりも波長が長いので、これを第一のレーザー光により熔融された部分に照射すると、熔融した部分よりも深いところまで達して吸収される。また、第二のレーザー光は第一のレーザー光よりもビーム径が大きいので、これを第一のレーザー光によって熔融された部分に照射すると、熔融した部分の外側の表面にも照射されて吸収される。これにより、第一のレーザー光の照射によって熔融された部分の周囲の材料部分は、第二のレーザー光の照射によって熔融しない範囲で加熱され、熔融した部分とその周囲の熔融していない部分との温度差は縮まり、熔融した部分からの熱の散逸は減少する。したがって、熔融した部分が固化す

るまでの時間は延長され、結晶化した部分の粒径が大きくなる。

【0011】請求項2記載の発明は前記の構成により、前記第二のレーザー光を複数回繰り返し照射することによって、熔融した部分が固化するまでの時間は更に延長され、結晶化した部分の粒径はより大きくなる。

【0012】請求項3記載の発明は前記の構成により、基板上に堆積された非晶質材料にレーザー光を照射してアニーリングすることにより、熔融した非晶質部分が固化して結晶化するまでの時間が延長され、結晶化した部分の粒径が大きくなる。

【0013】

【実施例】以下に図面を参照して本発明の実施例について説明する。ここで、図1乃至図4は、本発明の一実施例であるレーザーアニーリング方法の各工程を時系列的に示した概略断面図である。

【0014】図1において、基板10は通常のガラス基板であり、この上には非晶質シリコン膜12が堆積されている。これをレーザーアニーリングする場合、まず、レーザーアニーリング装置（図示せず）へ挿入し、内部を真空にする。そして、第一のレーザー光であるパルスレーザー14を10ナノ秒程度のパルス幅で非晶質シリコン膜12の表面に照射する。

【0015】非晶質シリコン膜12は、図2に示すように、レーザー光14が照射されると照射された部分16は加熱されて熔融する。従来のレーザーアニーリング方法では、基板10をヒータなどで別途加熱した場合でも、この熔融部分16はせいぜい数百ナノ秒程度で固化していた。このため、凝固した部分には粒径の小さい多数の微結晶が生成され、再結晶化した部分の結晶の粒径を拡大することは困難であった。

【0016】これに対し本実施例では、図1に示したレーザー光14の照射に引き続き、図2に示した熔融部分16が固化する前に、図3に示すように第2のレーザー光18を照射する。このレーザー光18は最初のレーザー光14よりも波長が長く、レーザー光14よりもビーム径が大きいものとする。

【0017】波長が長いレーザー光は、波長が短いレーザー光に比べ、吸収係数が小さくなるため非晶質シリコン膜12のより深い部分まで達するという性質がある。また、レーザー光18は、そのビーム径がレーザー光14よりも大きいので、熔融部分16の外側の膜表面にも照射される。したがって、図4に示すように、非晶質シリコン膜12のうち熔融部分16の周囲の領域20が局部的に加熱される。このときレーザー光18の強度は、非晶質シリコンの領域20が500°C程度の温度となるよう調節しておく。

【0018】レーザー光14及び18の光源としてQスイッチYAGレーザーを用いると、同一の光源から上記二つのレーザー光を得ることができるという利点があ

る。すなわち、YAGレーザーは基本波の波長が1064nmの赤外光であり、第二高調波の波長は532nmの緑色光、第三高調波は355nmの紫外光である。したがって、第三高調波をレーザー光14とし、基本波又は第二高調波をレーザー光18として使用することが可能となる。

【0019】このように領域20の部分が局部的に加熱されると、熔融部分16とその周囲の領域20との温度差が小さくなり、熔融部分16から散逸される熱量は少なくなる。したがって、熔融部分16が固化するまでの時間が延長される。なお、この延長される時間は、レーザー光18の照射時間、強度、ビーム径などに依存するので、これらを調節することにより、アニーリングする材料などに応じて適当な延長時間とすることができる。また、第二のレーザー光18は、複数回にわたって照射してもよく、このようにすれば、熔融部分16が固化するまでの時間を更に長くすることができる。この結果、例えば熔融部分16が固化するまでの時間を数マイクロ秒程度まで引き延ばされ、熔融したシリコンをゆっくりと固化させることができる。このように固化するまでの時間が長くなると、結晶化したシリコンの粒径が大きくなり、移動度が向上することが知られている。

【0020】上記のように二つのレーザー光14及び18を用いて、熔融部分の周囲の領域20だけを局部的に加熱するので、基板10の温度上昇は少ない。したがって、基板としては融点の低い通常のガラスを用いても何ら問題はなく、その分コストを低減できる。また、基板10が加熱されないで、基板10及び非晶質シリコン膜12が冷却されるまでの時間が大幅に短縮される。このためアニーリングが終了したあと直ちに次の工程に移行することができ、製造工程が効率化される。

【0021】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、非晶質シリコンなどの材料を第一のレーザー光で熔融させた直後に第二のレーザー光を照射することにより、熔融部分の周囲を加熱して熔融部分が固化するまでの時間を延長することにより、この熔融部分が結晶化したときの結晶粒径を大きくでき、したがって移動度の高い半導体材料を得ることができる。また、第二のレーザー光によって加熱されるのは局部的部分に限定されるため、基板及びシリコンが冷却されるまでの時間を短縮でき、直ちに次の工程へ移行できるので、製造工程を効率化することができる。更に、アニーリングの際に基板が加熱されないため、基板材料として高い融点を有するものを用いる必要はなく、製造コストを低減できるレーザーアニーリング方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】基板上に堆積された非晶質シリコンに第一のレーザー光を照射する様子を示した概略断面図である。

【図2】レーザー光の照射により非晶質シリコンの表面

の一部が熔融した状態を示した概略断面図である。

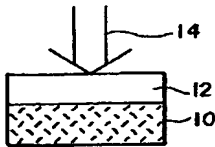
【図 3】 熔融部分に第二のレーザー光を照射する様子を示した概略断面図である。

【図 4】 熔融した部分の周囲が加熱された状態を示した概略断面図である。

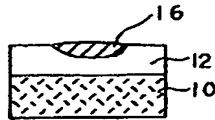
【符号の説明】

- 10 基板
- 12 非晶質シリコン膜
- 14 第一のレーザー光
- 16 熔融部分
- 18 第二のレーザー光
- 20 加熱部分

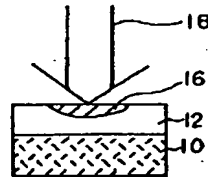
【図 1】



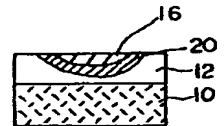
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 玉木 輝幸  
神奈川県相模原市淵野辺 5 丁目 10 番 1 号  
新日本製鐵株式会社エレクトロニクス研究  
所内

(72)発明者 長谷川 昇  
神奈川県相模原市淵野辺 5 丁目 10 番 1 号  
新日本製鐵株式会社エレクトロニクス研究  
所内

Japanese Patent Application Laid-Open No. 7-187890

Date of Publication of Application: H7(1995) July, 25<sup>th</sup>

Title of the Invention: METHOD FOR LASER ANNEALING

Patent Application No.: H5-347875

Date of Filing: H5(1993) December, 22<sup>nd</sup>

Inventor: Kenji Ueta, Electronics Research Laboratory Nippon Steel Corp., 5-10-1,  
Fuchinobe, Sagamihara-shi, Kanagawa-ken

Inventor: Takahiro Matsumoto, Electronics Research Laboratory Nippon Steel Corp.,  
5-10-1, Fuchinobe, Sagamihara-shi, Kanagawa-ken

Inventor: Teruyuki Tamaki, Electronics Research Laboratory Nippon Steel Corp.,  
5-10-1, Fuchinobe, Sagamihara-shi, Kanagawa-ken

Inventor: Noboru Hasegawa, Electronics Research Laboratory Nippon Steel Corp.,  
5-10-1, Fuchinobe, Sagamihara-shi, Kanagawa-ken

Applicant: 000006655 Nippon Steel Corp., 2-6-3, Ootemachi, Chiyoda-ku, Tokyo

[Title of Invention]      Method for Laser Annealing

[Abstract]

[Objection]

It is an objection to provide a method for laser annealing, which enables heating only a semiconductor material deposited over a substrate and extending time till having the melted material solidified.

[Structure]

Immediately after irradiating a first laser beam 14 to melt a portion 16 of an amorphous silicon film 12, a second laser beam 18 with a longer wavelength and with a larger beam diameter than the first laser light is irradiated to the melted portion 16. Consequently, only a periphery of the melted portion 16 is heated locally. With this heating, the time needed till having the melted portion solidified is extended, and thereby, a grain size in crystallizing gets bigger, which can enhance mobility.

[Title of Invention]      METHOD FOR LASER ANNEALING

[Scope of Claim]

[Claim 1]

A method for laser annealing, of irradiating a laser beam to a material deposited over a substrate,

wherein after irradiating a first laser beam to melt a portion of the material, a second laser beam that has a longer wave length than the first laser beam, a larger beam diameter than the first laser beam, and energy within a range that does not melt the material is irradiated to the melted portion before the melted portion is solidified.

[Claim 2]

A method for laser annealing as set forth in Claim 1,  
wherein the second laser beam is irradiated repeatedly several times.

[Claim 3]

A method for laser annealing as set forth in Claim 1 or 2,  
wherein the material deposited over a substrate is amorphous silicon.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Field of the Invention]

The present invention relates to a method for laser annealing, of irradiating a laser beam to semiconductor material and the like to alter a coordinate structure of a surface.

[0002]

[Prior Art]

In the case of implanting an impurity atom for making a silicon crystal have a certain conductivity type into a silicon crystal, laser annealing is carried out to recover crystallinity of a crystal defective part after implanting an ion with a method such as ion implantation method and the like. Furthermore, in order to obtain a silicon semiconductor device with a high-speed operation, it is performed to anneal an amorphous silicon film deposited over a glass substrate with laser irradiation to make the amorphous silicon film polycrystalline and increase mobility of a carrier.

[0003]

An example of such method for laser annealing is disclosed in trust study skill information SDM-112 (1992-12). In this method, in addition to irradiating a laser beam to a surface of an amorphous silicon material, by heating the substrate with a heater, silicon melted by the irradiation of the laser beam is solidified slowly. It is reported herewith that a grain size of each silicon crystal in making the film polycrystalline gets bigger and properties of the film is improved. Furthermore, another method for laser annealing is disclosed in a Japanese Patent Laid-Open No. 3-266424. In this method, it is reported that initial rise in temperature of the semiconductor substrate can be uniformed by irradiating a laser beam with a short wavelength from the upper side of a substrate, and thereafter, irradiating radiant light with a long wavelength such as a halogen lamp from the lower side of the substrate.

[0004]

[Problem to be Solved by the Invention]

By the way, in the method for laser annealing disclosed in the trust study skill information SDM-112 (1992-12), since the whole substrate is heated with a heater,

for example, at about 400°C, it takes about 2 to 3 hours to cool the whole substrate after annealing. Accordingly, the time till moving to the next step is wasted after the annealing is completed, and therefore, there was a problem that production efficiency is decreased when the method is used in an actual semiconductor manufacturing process.

[0005]

On the other hand, in the invention disclosed in the Japanese Patent Laid-Open No. 3-266424, a laser beam used for annealing is absolute one to excite a carrier, and annealing itself is carried out mainly by irradiating the halogen lamp. In this case, light from the halogen lamp is irradiated for a long time, compared with a pulse emitted laser light. Accordingly, not only material to be annealed but also the whole substrate is heated at a high temperature. Therefore, it is forced to use a material with a high melting point as the substrate material, which leads to an increase in the costs.

[0006]

The present invention is based on the above situation and heating of the whole substrate is not necessary; and it is an object to provide a method for laser annealing that needs no heating of the whole substrate, accordingly, needs not to use a substrate material with a high melting point, and that can move to the next process immediately after annealing.

[0007]

[Means for Solving the Problem]

In order to solve the problem mentioned above, the invention as set forth in Claim 1 is characterized in that, in a method for laser annealing of irradiating a laser beam to a material deposited over a substrate, after irradiating a first laser beam to melt a portion of the material, a second laser beam that has a longer wavelength than the first laser beam, a larger beam diameter than the first laser beam, and energy within a range that does not melt the material is irradiated to the melted portion before the melted portion is solidified.

[0008]



The method for laser annealing that is the invention as set forth in Claim 2, is characterized in that, in the invention as set forth in Claim 1 or 2, the second laser beam is irradiated repeatedly several times.

[0009]

The method for laser annealing that is the invention as set forth in Claim 3, is characterized in that, in the invention as set forth in Claim 1 or 2, the material deposited over the substrate is amorphous silicon.

[0010]

[Action]

According to the configuration above, in the invention as set forth in Claim 1, since the second laser beam has the longer wavelength than the first laser beam, the second laser beam gets to a deeper point than the melted portion to be absorbed when the second laser beam is irradiated to the portion melted by the first laser beam. Furthermore, since the second laser beam has the larger beam diameter than the first laser beam, the second laser beam is irradiated also to a surface outside the melted portion to be absorbed when the second laser beam is irradiated to the portion melted by the first laser beam. Accordingly, the material portion at the periphery of the portion melted by irradiating the first laser beam is heated not to be melted by irradiating the second laser beam, a temperature difference between the melted portion and the unmelted portion at the periphery thereof gets smaller, and dissipation of heat from the melted portion is decreased. Therefore, the time till having the melted portion solidified is extended and a grain size of the crystallized portion gets bigger.

[0011]

According to the configuration above, in the invention as set forth in Claim 2, the time till having the melted portion solidified is further extended and a grain size of the crystallized portion gets much bigger when the second laser beam is irradiated repeatedly several times.

[0012]

According to the configuration above, in the invention as set forth in Claim 3, the time till a melted amorphous portion solidified is extended and a grain size of the

crystallized portion gets bigger when the amorphous material deposited over the substrate is annealed with laser irradiation.

[0013]

[Embodiment]

Hereinafter, an embodiment of the present invention will be described with reference to drawings. Herein, Figs. 1 to 4 are rough sectional views showing, in a chronological order, each process of a method for laser annealing, which is an embodiment of the present invention.

[0014]

In Fig. 1, a substrate 10 is a general glass substrate, and an amorphous silicon film 12 is deposited thereon. In the case of subjecting the amorphous silicon film 12 to laser annealing, the amorphous silicon film deposited on the substrate is inserted into a laser annealing system (not shown in figure) first and the inside is vacuumed. Then, pulse laser 14 that is a first laser beam is irradiated to a surface of the amorphous silicon film 12 with a pulse width on the order of 10 nsec.

[0015]

The amorphous silicon film 12, as shown in Fig. 2, has an irradiated portion 16 heated to melt when the laser beam 14 is irradiated. In a conventional method for laser annealing, even in the case of heating the substrate 10 additionally with a heater or the like, this melted portion 16 was solidified for about several hundreds nsec at the most. Accordingly, a number of microcrystals with a small grain size are produced in the solidified portion, and it was difficult to enlarge the grain size of the crystal in the recrystallized portion.

[0016]

On the contrary, in the present embodiment, following the irradiation of the laser beam 14 shown in Fig. 1, a second laser beam 18 is irradiated as shown in Fig. 3 before the melted portion 16 shown in Fig. 2 is solidified. This laser beam 18 is set to have a longer wavelength than the initial laser beam 14 and to have a larger beam diameter than the laser light 14.

[0017]

Since the laser beam with the longer wavelength has a small absorption coefficient compared with the laser beam with a shorter wavelength, the laser beam with the longer wavelength has a characteristic of getting to a deeper portion of the amorphous silicon film 12. Furthermore, since the laser beam 18 has a larger beam diameter than the laser beam 14, the laser beam 18 is also irradiated to a surface of the film outside the melted portion 16. Accordingly, as shown in Fig. 4, of the amorphous silicon film 12, a region 20 at the periphery of the melted portion 16 is heated locally. Hereat, the intensity of the laser beam 18 is adjusted to make the region 20 of the amorphous silicon have a temperature of about 500 °C.

[0018]

When Q-switched YAG laser is used as a light source of the laser beams 14 and 18, there is an advantage that the above-mentioned two laser beams can be obtained from the same light source. Namely, the YAG laser has infrared light that has a fundamental wave with a wavelength of 106 nm, and a wavelength of the second harmonic as green light is 532 nm and the third harmonic as ultraviolet light is 355 nm. Therefore, it becomes possible to use the third harmonic as the laser beam 14 and the fundamental wave or the second harmonic as the laser beam 18.

[0019]

As mentioned, when the region 20 is heated locally, a temperature difference between the melted part 16 and the region 20 at the periphery thereof gets smaller, and heat scattered from the melted portion 16 is decreased. Therefore, the time till the melted portion 16 solidified is extended. Since this extended time depends on an irradiation time, intensity, a beam diameter, and the like of the laser beam 18, by adjusting them, an appropriate extended time can be set depending on an annealed material and the like. Furthermore, the second laser beam 18 may be irradiated plural times, which enables making the time till having the melted portion 16 solidified longer. As a result, the time till having the melted portion solidified is extended up to about microseconds, for example, and the melted silicon can be solidified slowly. As mentioned, it is known that a grain size of crystallized silicon gets bigger and mobility is improved as the time till having the solidification extended.

[0020]

Since the two laser beams 14 and 18 are used and only the portion 20 at the periphery of the melted portion is heated locally as mentioned above, the substrate 10 has a small rise in temperature. Therefore, there is no problem when a general glass with a low melting point is used for a substrate, which can reduce a cost instead. Furthermore, since the substrate 10 is not heated, the time till having the amorphous silicon film 12 cooled is shortened considerably. Accordingly, it is possible to move to the next process immediately after annealing is completed and to promote of efficiency in a manufacturing process.

[0021]

[Effect of the Invention]

As described above, according to the present invention, immediately after a material such as amorphous silicon is melted with a first laser beam, a second laser beam is irradiated to heat a periphery of the melted portion and extend the time till having the melted portion solidified. Hereby, when this melted portion is crystallized, a grain size of the crystal can be made bigger and a semiconductor material with high mobility can be obtained accordingly. In addition, since a portion heated by the second laser beam is limited to the local portion, it is possible to shorten the time till having a substrate and silicon cooled and to move to a next process immediately, and efficiency in a manufacturing process can be promoted. Furthermore, since a substrate is not heated in annealing, it is not necessary to use a material that has a high melting point as a substrate material, and a method for laser annealing that can reduce a production cost can be provided.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1] a rough sectional view showing a state of irradiating a first laser beam to amorphous silicon deposited over a substrate

[Fig. 2] a rough sectional view showing a state where a portion of a surface of the amorphous silicon is melted by irradiating the laser beam

[Fig. 3] a rough sectional view showing a state of irradiating a second laser beam to the melted portion

[Fig. 4] a rough sectional view showing a state where a periphery of the melted

portion is heated

**[Explanation of the Reference Number]**

- 10**      **substrate**
- 12**      **amorphous silicon film**
- 14**      **first laser beam**
- 16**      **melted portion**
- 18**      **second laser beam**
- 20**      **heated portion**